



# Existence de dykes doléritiques anciens à composition de tholéiites continentales au sein de la province alcaline de la ligne du Cameroun. Implication sur le contexte géodynamique

Jean-Paul Vicat, Ismaila Ngounouno, André Pouclet

## ► To cite this version:

Jean-Paul Vicat, Ismaila Ngounouno, André Pouclet. Existence de dykes doléritiques anciens à composition de tholéiites continentales au sein de la province alcaline de la ligne du Cameroun. Implication sur le contexte géodynamique. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa, Sciences de la terre et des planètes, 2001, 332, pp.243-249. 10.1016/S1251-8050(01)01526-9 . hal-00089827

**HAL Id: hal-00089827**

**<https://hal-insu.archives-ouvertes.fr/hal-00089827>**

Submitted on 5 Mar 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Existence de dykes doléritiques anciens à composition de tholéiites continentales au sein de la province alcaline de la ligne du Cameroun. Implication sur le contexte géodynamique

Jean-Paul Vicat<sup>a,b</sup>, Ismaïla Ngounouno<sup>c</sup>, André Pouclet<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Département de géologie, université de N'Djamena, BP 1027, N'Djamena, Tchad

<sup>b</sup> Institut des sciences de la Terre, UMR 6113, université d'Orléans, BP 6759, 45067 Orléans cedex 2, France

<sup>c</sup> Département des sciences de la Terre, université de Ngaoundéré, BP 454 Ngaoundéré, Cameroun

Reçu le 6 novembre 2000 ; accepté le 23 janvier 2001

Présenté par Jean Aubouin

**Abstract – Existence of old doleritic dykes of continental tholeiite composition, in the Cameroon Line alkaline province. Implication to the geodynamical context.** In the Adamawa Plateau (Northern Cameroon), doleritic dykes belong to a magmatic activity which predated the Cenozoic alkaline volcanism of the Cameroon Line. They have the chemical composition of continental tholeiites with Nb–Ta- and Ti-negative anomalies. This magmatism is interpreted as being derived from a sub-continental lithospheric source, which may have been contaminated during a former subduction event, linked to the Pan-African convergence. It is related to an early stage of continental break-up, which was contemporaneous or predated the Cretaceous tholeiitic magmatism of predominantly asthenospheric origin, which indicates a lithospheric thinning. © 2001 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**Cameroon line / dolerites / low-Ti continental tholeiites / continental extension / lithospheric magma**

**Résumé –** Sur le plateau de l'Adamaoua (Nord du Cameroun), des filons de dolérite traduisent une activité magmatique antérieure au volcanisme alcalin cénozoïque de la ligne du Cameroun. Leur composition chimique est celle de tholéiites continentales à anomalies négatives en Nb–Ta et Ti. Ce magmatisme provient d'une source lithosphérique continentale qui aurait été contaminée lors de subductions liées à la convergence panafricaine. Il appartient à une phase précoce de fracturation continentale, contemporaine ou antérieure à celle du magmatisme tholéitique crétacé, dont l'origine asthénosphérique indique le début de l'amincissement lithosphérique. © 2001 Académie des sciences / Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS

**ligne du Cameroun / dolérites / tholéiites continentales pauvres en Ti / extension continentale / magma lithosphérique**

## Abridged version

### 1. Geological setting

In Cameroon, the post Pan-African volcanism is mainly represented by the alkaline province of the Cameroon Line

(figure 1) [5]. Some rare continental tholeiites are associated with the Early Palaeozoic tectonics [1] and with the development of Early Cretaceous basins [13]. In the Adamawa Plateau, South-East of Ngaoundéré, close to the Biden village (figures 2 and 3), we discovered do-

\* Correspondance et tirés à part.

Adresse e-mail : gestion.isto@univ-orleans.fr (A. Pouclet).

lerite dykes which cross-cut the Palaeozoic granites. The Adamawa Plateau is made up of Pan-African granites and gneisses intruded by some granitic and syenitic bodies of probably Ordovician age [15]. It suffered intense fracturation, during Mesozoic and Early Cenozoic time, along N70° and N130°–140° fault systems leading to the formation of the Cretaceous troughs and to the Mio-Pliocene volcanic activity [7]. The dolerite dykes of Biden are sub-vertical and 0.5 to 1.5 m thick. They are trending N10°–30°, N70° and N135°, in the same directions as for the Pan-African and the post-Pan-African tectonics [14]. They are clearly post-Ordovician and may be related to a Late Palaeozoic poorly defined tectonic event or to the well-known Cretaceous extensive stage.

## 2. Petrography and geochemistry

Dolerites are coarse-grained to fine-grained from the centre to the margin of dykes. The texture is intergranular to sub-ophitic. Mineralogic association consists of zoned phenocrysts of diopside to calcic augite (Ca%: 44–39, Mg%: 46–36, Fe<sub>t</sub> + Mn%: 14–28), syncrystallized plagioclase (An<sub>52</sub>–18, Ab<sub>43</sub>–75, Or<sub>5</sub>–7) and actinolite ( $X_{Mg} = 0.65$ –0.84) corresponding to ouralitized pyroxene. The groundmass contains microcrysts of sodic plagioclase (An<sub>15</sub> Ab<sub>76</sub> Or<sub>9</sub>), clinopyroxene (Ca%: 40, Mg%: 37, Fe<sub>t</sub>/Mn%: 23), biotite ( $X_{Fe} = 0.37$ ), Ti-magnetite, ilmenite, and interstitial quartz. Some rocks contain phenocrysts of enstatite (Ca%: 3.5, Mg%: 69, Fe<sub>t</sub> + Mn%: 27.5,  $X_{Mg} = 0.72$ ) often mantled by clinopyroxene (Ca%: 39, Mg%: 46, Fe<sub>t</sub> + Mn%: 15). This orthopyroxene is chemically different from that analysed in the mantle xenoliths [11] and is of magmatic origin. The paragenesis and the order of crystallization are indicative of a low water-pressure condition and of a tholeiitic to transitional feature.

The ten analysed samples (*table*) have moderately evolved compositions (SiO<sub>2</sub> = 58.6–59.5, DI = 64–66, Mg# = 44–47); they are oversaturated (norm Qtz% = 9–10), and alkaline potassic (*figure 4*). The primitive mantle normalized patterns (*figure 5*) show important incompatible element fractionation ( $43.0 < La_N/Yb_N < 52.4$ ) and strong

Nb-, Ta- and Ti-negative anomalies ( $Nb_N/La_N = 0.28$ ,  $Ti_N/Tb_N = 0.70$ ). These patterns are those of active margin lavas and of low-Ti continental flood basalts (low-Ti CFB). Enrichment in alkalis and incompatible elements and the biotite occurrence are consistent with a composition of an evolved tholeiitic magma.

## 3. Discussion and conclusion

The chemical composition of the Biden dolerites is clearly different from that of other mafic lavas of the Cameroon Line area. The geographically nearest Mio-Pliocene basalts from Ngaoundéré (*figure 2*) are exclusively alkaline [16] (*figures 5* and *6*). The Cretaceous dolerites from Ngaoundal, located 80 km south of Biden are tholeiitic, with Th/Ta, Th/Nb and Nb/La ratios of common continental tholeiites (*figures 4*–*6*) and particularly of initial rift tholeiites [10], the source of which involves an asthenospheric component. Similar chemical features characterize the tholeiitic basalts from the Southern Benue Trough (Cenomanian to Santonian) and from the Northern Benue Trough (Late Jurassic to Albian) [4], as well as the tholeiites of the Garoua area associated with the Palaeozoic basins of Balché and Mangbaï [1].

The chemical composition of the Biden dolerites is therefore original, owing to their Nb-, Ta-, and Ti-negative anomalies. The same chemical features are known in the low-Ti CFB of the Karoo and the Ferrar magmatic Mesozoic Province [9] (*figures 5*–*6*). The anomalies are interpreted as a result of contamination of the sub-continental mantle by subducted sediments [9]. The Biden dolerites being more evolved, they are richer in incompatible element, but their patterns are close to that of Ferrar tholeiites.

It is concluded that the Biden dolerites are low-Ti tholeiites generated from a sub-continental lithospheric mantle similar to that of the Karoo and Ferrar Province. Contamination of this mantle may have occurred during the Pan-African subduction events [20]. These dolerites, devoid of an asthenospheric component in their source, can be attributed either to the Cretaceous extensive event but located far to the rift axis, or to an early stage of the continental breaking of the Cameroon Line area.

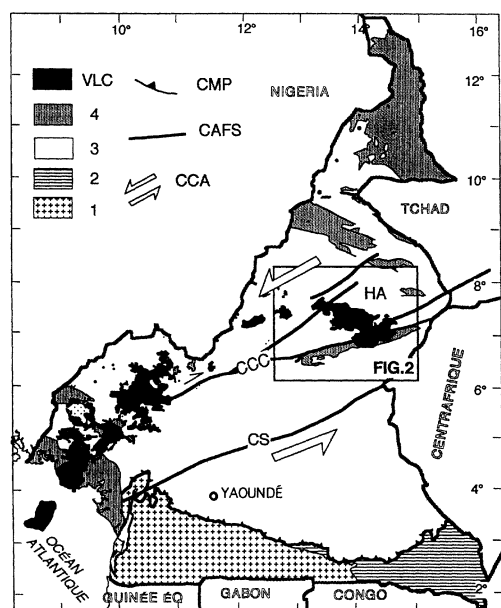
## 1. Introduction

Au Cameroun le volcanisme post-panafricain est essentiellement représenté par la ligne du Cameroun (*figure 1*), de nature alcaline [5]. Quelques rares tholéiites continentales sont signalées dans les fossés ordoviciens à dévoniens du Nord-Cameroun [1] et dans les fossés crétacés [15]. Sur le plateau de l'Adamaoua, nous avons découvert des dykes de dolérites post-panafricains, au sud-est de Ngaoundéré, aux environs du village de Biden (*figures 2* et *3*). Ces roches à composition de tholéiites continentales se

singularisent par de fortes anomalies négatives en Nb-Ta et Ti.

## 2. Contexte géologique et gisement

Le plateau de l'Adamaoua, d'altitude moyenne 1 100 m, est un horst incliné vers le sud, limité au nord par la faille de Ngaoundéré et au sud par la faille de Mbéré-Djérem (*figure 2*). Il est essentiellement constitué de granito-gneiss panafricains, recoupés par des plutons de granites et de syénites post-panafricains, d'âge probablement Ordovicien [17]. Ce

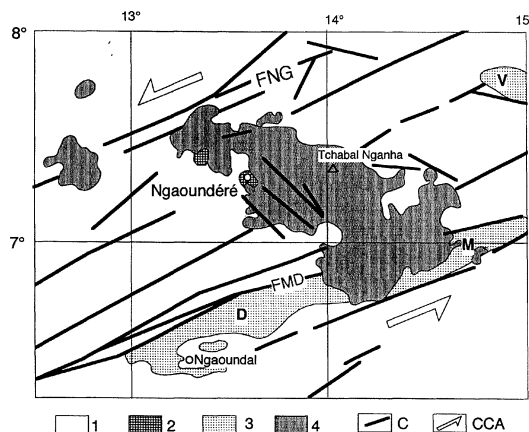


**Figure 1.** Croquis géologique du Cameroun. 1 : groupe archéen du Ntem; 2 : couverture protérozoïque; 3 : chaîne panafricaine; 4 : dépôts phanérozoïques. VLC : volcanisme et plutonisme de la ligne du Cameroun; CMP : chevauchement majeur panafricain; CAFS : système de faille d'Afrique centrale (CS, cisaillement de la Sanaga; CCC, cisaillements centro-camerounais); CCA : mouvement du méga-cisaillement cénozoïque à actuel; HA : horst de l'Adamaoua.

**Figure 1.** Geological sketch map of Cameroon. 1: Archaean Ntem Group; 2: Proterozoic cover; 3: Pan-African belt; 4: Phanerozoic deposits. VLC: Cameroon Volcanic Line; CMP: Pan-African major thrust; CAFS: Central African fault system (CS, Sanaga strike-slip fault; CCC, Central Cameroon strike-slip fault); CCA: Cenozoic to Present mega-shear-zone motion; HA: horst of l'Adamaoua.

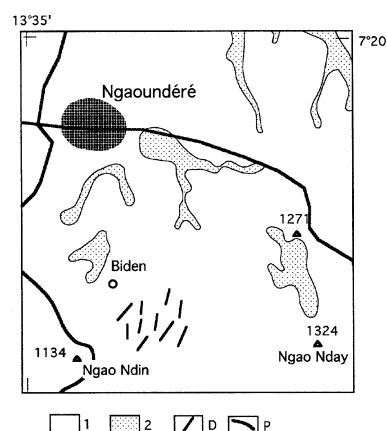
horst est intensément fracturé selon les directions N70° E et N130°–140° E. Au Paléozoïque inférieur, les petits bassins de Balché et de Mangbaï [1] s'ouvrent au nord de l'Adamaoua. Au Mésozoïque et au Cénozoïque, une intense réactivation des failles du substratum panafricain est à l'origine de la formation du système de rifts d'Afrique centrale et occidentale [8], auquel appartiennent les bassins crétacés de Vina et de Mbéré–Djérem (figure 2). Des formations volcaniques, d'âge essentiellement Mio-Pliocène [7], recouvrent partiellement l'ensemble des formations précédentes.

Un essaim de dykes de dolérites recoupe les grani- toïdes du Paléozoïque inférieur à moyen aux environs du village de Biden, à 3 km au sud-est de Ngaoundéré (figure 3). Les filons, d'épaisseur comprise entre 0,5 à 1,5 m, occupent les plans de fracturation des granites encaissants. Ils présentent des pendages forts (> 70°) à verticaux. Leurs orientations sont N10°–30°, N70° et 135°, directions correspondant aux structures pan- africaines du Nord du Cameroun [14]. On note un léger métamorphisme de contact des granites encais- sants. Le contact très net indique une mise en place



**Figure 2.** Croquis géologique de la région de Ngaoundéré. 1 : domaine orogénique panafricain; 2 : granites post-tectoniques, d'âge probablement Ordovicien; 3 : fossés crétacés (V, Vina; M, Mbéré; D, Djérem); 4 : volcanisme mio-pliocène. C : grands décrochements (FMD : faille de Mbéré–Djérem; FNG : faille de Ngaoundéré). CCA : mouvement du méga-cisaillement cénozoïque à actuel.

**Figure 2.** Geological sketch map of the Ngaoundéré zone. 1: Pan-African orogenic domain; 2: post-tectonic granites probably of Ordovician age; 3: Cretaceous rifts; 4: Mio-Pliocene volcanism; C: Central Cameroon strike-slip fault (FMD, Mbéré–Djérem fault; FNG, Ngaoundéré fault); CCA: Cenozoic to Present mega-shear-zone motion.



**Figure 3.** Localisation des dolérites de Biden. 1 : granite post-panafricain; 2 : Quaternaire. D : dolérites; P : principales pistes.

**Figure 3.** Biden dolerites location map. 1: Post-Pan-African granite; 2: Quarternary deposits. D: dolerites; P: main roads.

dans un encaissant froid. Ces dykes sont nettement post-ordoviciens. Ils peuvent être liés à une extension du Paléozoïque supérieur assez mal définie au Nord-Cameroun ou à l'extension majeure du Crétacé.

### 3. Pétrographie

Les dolérites présentent un grain grossier au cœur des dykes et un grain fin en bordure, avec un faciès

de trempe développé sur quelques centimètres. La texture est intergranulaire à subophitique.

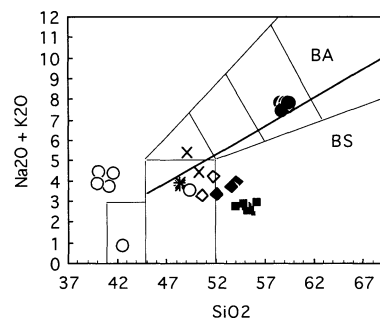
Les dolérites communes à gros grain contiennent des phénocristaux zonés de diopside à augite calcique ( $\text{Ca}\%$  : 44–39,  $\text{Mg}\%$  : 46–36,  $\text{Fe}_t + \text{Mn}\%$  : 14–28), de plagioclase ( $\text{An}_{52-18}$ ,  $\text{Ab}_{43-75}$ ,  $\text{Or}_{5-7}$ ) et d'actinote ( $X_{\text{Mg}} = 0,65\text{--}0,84$ ) qui apparaît comme le produit d'ouraltisation des cristaux d'augite. Le plagioclase est souvent en intercroissance avec le clinopyroxène (cristallisation cotectique). La mésostase renferme des microcristaux de plagioclase sodique ( $\text{An}_{15}$ ,  $\text{Ab}_{76}$ ,  $\text{Or}_9$ ), de clinopyroxène ( $\text{Ca}\%$  : 40,  $\text{Mg}\%$  : 37,  $\text{Fe}_t + \text{Mn}\%$  : 23), de biotite ferrique ( $X_{\text{Fe}} = 0,37$ ) de titanomagnétite, d'ilménite en amas et de quartz interstitiel.

Plusieurs dolérites, notamment celles à grain fin, montrent des phénocristaux d'enstatite ( $\text{Ca}\%$  : 3,5,  $\text{Mg}\%$  : 69,  $\text{Fe}_t + \text{Mn}\%$  : 27,5 ;  $X_{\text{Mg}} = 0,72$ ), souvent auréolés d'augite calcique ( $\text{Ca}\%$  : 39,  $\text{Mg}\%$  : 46,  $\text{Fe}_t + \text{Mn}\%$  : 15). Les teneurs moyennes en  $\text{CaO}$  (1,7 %) et  $\text{FeO}_t$  (17,2 %) de l'enstatite sont plus élevées que celles observées dans les orthopyroxènes mantelliques et, plus particulièrement, dans ceux des enclaves de lherzolites à spinelle et plagioclase, exhumées par les basanites cénozoïques du plateau de l'Adamaoua [11]. Ce sont bien des orthopyroxènes magmatiques, témoins d'une phase précoce de cristallisation.

L'ordre d'apparition des principaux minéraux (Opx–plagioclase, augite et oxydes de fer–titane–biotite et titanite–quartz) traduit une cristallisation sous de faibles pressions d'eau et caractérise une affinité tholéiitique à transitionnelle.

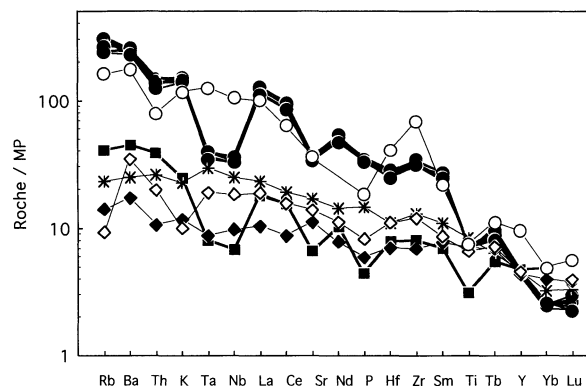
## 4. Géochimie

Nous avons analysé dix échantillons provenant de différents filons (*tableau*). La composition chimique est celle de roches intermédiaires ( $\text{SiO}_2 = 58,6\text{--}59,5\%$ ), différenciées ( $\text{DI} = 64\text{--}66$ ,  $\text{Mg}\# = 44\text{--}47$ ) et à quartz normatif (9–10 %). Dans le diagramme TAS (*figure 4*), les dolérites sont des trachyandésites ou des latites ( $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O} - 2$ ), à la limite des domaines alcalins et sub-alcalins [13]. Les profils de terres rares sont fractionnés ( $43,0 < \text{La}_N/\text{Yb}_N < 52,4$ ). Les profils normalisés au manteau primitif [18] montrent un enrichissement en éléments les plus incompatibles, avec des anomalies négatives en Nb–Ta ( $\text{Nb}_N/\text{La}_N = 0,28$ ) et en Ti ( $\text{Ti}_N/\text{Tb}_N = 0,70$ ) (*figure 5*). Ces anomalies se retrouvent dans les laves des marges actives et dans les basaltes de plateaux pauvres en titane (*low-Ti CFB*). Globalement, ces compositions, avec des teneurs assez élevées en alcalins et en éléments incompatibles, ainsi que l'apparition de biotite, correspondent à des produits différenciés d'un magma tholéiitique.



**Figure 4.** Diagramme TAS [12]. Limite des basaltes alcalins (BA) et subalcalins (BS) d'après [13]. Cercles noirs : dolérites de Biden (nouvelles analyses, IN27 à IN36). Cercles vides : basalte alcalin mio-pliocène de Ngaoundéré (analyses inédites). Étoiles : basaltes tholéiitiques crétacés de Ngaoundal (analyses inédites). Losanges vides : basaltes tholéiitiques (fin Jurassique à Albien) de la Haute Bénoué [4]. Losanges pleins : basaltes tholéiitiques (Cénomanien à Santonien) de la Basse Bénoué [4]. × : tholéiites des bassins paléozoïques de Balché et Mangbaï (Silurien supérieur à Dévonien supérieur) [1]. Carrés noirs : *low Ti-CFB* d'Australie (170–190 Ma) [9].

**Figure 4.** TAS diagram [12]. Boundary of alkali basalts and subalkaline basalts after [13]. Solid circles: dolerites from Biden (present work, IN27 to IN36). Open circles: Mio-Pliocene alkali basalts from Ngaoundéré (unpublished data). Stars: Cretaceous tholeiitic basalts from Ngaoundal (unpublished data). Open diamonds: Jurassic to Albian tholeiitic basalts from Southern Benue Trough [4]. Solid diamonds: Cenomanian to Santonian tholeiitic basalts of Northern Benue Trough [4]. ×: tholeiites from Palaeozoic basins of Balché and Mangbaï (Late Silurian to Late Devonian) [1]. Solid squares: low Ti-Continental Flood Basalts from Australia (170–190 Ma) [9].



**Figure 5.** Profils normalisés au manteau primitif [18]. Mêmes symboles que pour la *figure 4*. Dolérites de Biden (échantillons IN27 à IN36, nouvelles analyses). Basalte alcalin mio-pliocène de Ngaoundéré (analyse inédite). Basalte tholéiitique crétacé de Ngaoundal (analyse inédite). Basalte tholéiitique de la Haute Bénoué (échantillon 153B1) et de la Basse Bénoué (échantillon 86B1) [4]. *Low Ti-CFB* de la province magmatique de Ferrar (moyenne de six analyses) [9].

**Figure 5.** Primitive mantle-normalized patterns [18]. Same symbols as for *figure 4*. Dolerites from Biden (samples IN27 to IN36, present work). Mio-Pliocene alkali basalt from Ngaoundéré (unpublished data). Cretaceous tholeiitic basalts from Ngaoundal (unpublished data). Tholeiitic basalt from Southern Benue Trough (sample 153B1) and of Northern Benue Trough (sample 86B1) [4]. Low Ti-CFB from the Ferrar magmatic province (average of six analyses) [9].

**Tableau.** Composition chimique des dolérites de Biden. Éléments majeurs en pourcentage pondéral, éléments mineurs et traces en ppm. Analyses réalisées au CRPG (Nancy) par ICP (éléments majeurs et mineurs) et ICP-MS (éléments en traces). **DI** : indice de différenciation de [19]; **Mg#** :  $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}''$ .

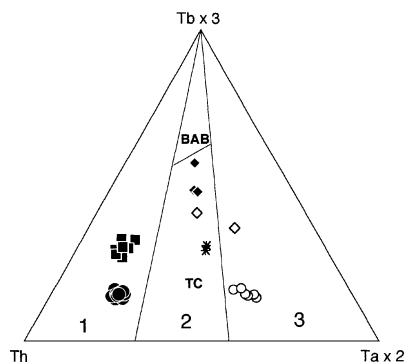
**Table.** Chemical composition of the Biden dolerites. Major elements (weight %), minor and trace elements (ppm). Analyses performed at the CRPG (Nancy) by ICP (major and some minor elements) and ICP-MS (trace elements). **DI**: differentiation index after [19]; **Mg#**:  $\text{Mg}/\text{Mg} + \text{Fe}''$ .

Ref.	IN27	IN31	IN32	IN34	IN35	IN28	IN29	IN30	IN33	IN36
SiO <sub>2</sub>	59,22	58,56	59,36	58,93	59,11	59,48	58,88	58,86	59,39	58,68
TiO <sub>2</sub>	1,54	1,52	1,52	1,58	1,54	1,55	1,55	1,56	1,57	1,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,95	14,95	14,92	14,87	14,96	15,21	14,94	15,05	15,17	14,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,95	6,80	6,99	7,19	6,94	7,10	7,09	7,16	7,11	7,13
MnO	0,09	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,09
MgO	2,61	2,62	2,61	2,77	2,60	2,67	2,83	2,75	2,52	2,74
CaO	4,20	4,14	4,34	4,20	4,24	4,32	4,46	4,34	4,30	4,31
Na <sub>2</sub> O	3,26	3,30	3,26	3,24	3,28	3,47	3,32	3,36	3,49	3,23
K <sub>2</sub> O	4,64	4,53	4,40	4,55	4,60	4,40	4,23	4,18	4,37	4,23
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,75	0,74	0,70	0,71	0,79	0,78	0,73	0,73	0,75	0,72
PF	1,81	1,68	1,76	1,84	1,91	1,08	1,70	1,45	1,20	1,93
Total	100,02	98,92	99,94	99,96	100,06	100,15	99,82	99,53	99,95	99,51
Ba	1 740	1 802	1 791	1 734	1 624	1 765	1 734	1 715	1 820	1 607
Ce	168,4	177,8	173,8	165,4	155,5	166,5	166,3	165,9	172,8	152,3
Co	17,2	18,3	19,9	19,5	16,9	15,5	17,7	19,1	18,5	19,6
Cr	50,4	58,1	56,3	56,1	54,9	58,9	60,4	54,0	50,8	62,2
Dy	4,71	5,03	4,82	4,70	4,36	4,95	4,94	4,86	4,97	4,34
Er	1,79	1,77	1,86	1,70	1,67	1,87	1,82	1,80	1,69	1,57
Eu	2,94	3,04	2,85	2,84	2,70	3,14	2,94	3,04	2,99	2,63
Ga	23,2	26,8	26,5	25,3	24,4	23,2	24,4	24,8	26,7	24,6
Gd	8,22	9,09	8,57	8,75	7,18	8,81	8,39	9,05	8,52	7,12
Hf	8,42	8,31	8,04	8,45	7,58	8,87	8,07	8,60	8,72	7,66
La	82,93	87,93	88,81	85,54	78,49	85,63	85,33	85,03	88,41	76,69
Lu	0,19	0,18	0,19	0,20	0,17	0,21	0,19	0,19	0,22	0,17
Nb	23,52	25,7	25,47	25,35	22,98	24,16	23,78	23,85	25,48	23,26
Nd	68,19	70,73	71,59	69,45	65,19	71,22	67,91	69,92	73,13	63,61
Ni	26,5	27,6	29,2	29,2	27,9	26,9	31,6	29,5	28,1	34,4
Pb	17,5	18,5	16,9	17,4	17,1	18,1	17,2	16,3	16,9	15,2
Pr	18,73	19,18	19,37	18,69	17,04	17,71	18,09	18,96	19,31	17,00
Rb	183,6	198,6	192,9	194,3	188,9	153,8	156,0	159,5	169,0	151,9
Sm	10,80	12,21	12,22	11,08	10,62	11,38	11,97	11,39	12,11	10,90
Sr	708	793	777	756	730	745	729	736	784	714
Ta	1,62	1,61	1,63	1,64	1,49	1,64	1,63	1,66	1,64	1,42
Tb	0,98	1,09	1,04	0,97	0,94	1,02	0,98	1,03	1,04	0,88
Th	12,82	12,94	13,15	11,85	11,32	12,68	11,92	12,05	11,65	10,61
V	105	116	119	120	113	107	106	107	116	110
Y	18,9	21,5	20,8	20,3	19,2	19,6	19,0	19,7	21,0	20,2
Yb	1,21	1,24	1,30	1,26	1,14	1,21	1,29	1,29	1,21	1,28
Zr	342	378	369	364	343	355	336	357	380	346
DI	65,74	65,68	65,01	64,83	65,65	65,12	63,82	63,99	65,49	63,89
Mg#	45,77	46,42	45,64	46,42	45,7	45,81	47,3	46,35	44,34	46,34

## 5. Interprétation géotectonique et discussion

La composition des dolérites de Biden est différente de celle des autres magmas basiques connus dans la région. Les basaltes mio-pliocènes de Ngaoundéré, géographiquement les plus proches (*figure 2*), ont en effet une composition alcaline [16] qui ex-

clut tout lien génétique avec les dolérites de Biden (*figures 5 et 6*). Les dolérites crétacées de Ngaoundal, localisées à 80 km au sud de Biden (*figure 2*) ont une composition tholéitique, avec des rapports Th/Ta compris entre 2 et 5, correspondant à des tholéites continentales [3], mais présentent un enrichissement relatif en Nb caractéristique de la plupart des tholéites de rift initial [10], d'origine en partie asthé-



**Figure 6.** Diagramme Th–Tbx3–Tax2 de [3]. Mêmes symboles que pour la figure 4. **1** : domaine orogénique d’arc ; **2** : domaine intermédiaire des tholéiites continentales (TC) et des basaltes des bassins d’arrière-arc (BAB) ; **3** : domaine anorogénique des tholéiites de dorsales et des basaltes alcalins intra-plaques. Noter la position des dolérites de Biden et des tholéiites de la province de Ferrar dans le domaine orogénique, malgré leurs localisations intraplaques, en raison de leurs anomalies négatives en Ta.

**Figure 6.** Th–Tbx3–Tax2 diagram [3]. Same symbols as for figure 4. **1**: arc-related orogenic series; **2**: intermediate series of continental tholeiites (TC) and of back-arc basin basalts (BAB); **3**: anorogenic series of oceanic ridges and intraplate alkaline basalts. Note the position of the Biden dolerites and of the Ferrar Province tholeiites in the orogenic domain, in spite of their intraplate setting, due to their Ta-negative anomaly.

nosphérique (figures 4–6). Plus à l’ouest, les basaltes tholéiitiques de la Basse Bénoué (Cénomanién à Santonien) et de la Haute-Bénoué (fin Jurassique à Albien) [4] ressemblent à ceux de Ngaoundal. Au Nord-Cameroun, dans la région de Garoua, les tholéiites des bassins paléozoïques de Balché et Mangbāi [1] appartiennent aussi aux domaines continentaux d’après les teneurs en Y, Nb et La, mais sans anomalies importantes [2].

La composition chimique des dolérites de Biden est donc originale par les anomalies en Nb–Ta–Ti. Elles diffèrent des tholéiites continentales, dont les anomalies négatives en Nb–Ta, plus modérées, sont attribuées à la contamination crustale des magmas en route vers la surface [6]. Les basaltes de plateaux

pauvres en Ti (*low Ti-CFB*), particulièrement ceux de la province du Karoo et de Ferrar en Australie [9] présentent au contraire des anomalies négatives importantes en Nb–Ta (figure 5). Ces anomalies sont attribuées à une contamination de la source mantellique par des fluides issus d’une écorce subductée [9]. Les profils des dolérites de Biden sont tout à fait semblables à ceux des *low Ti-CFB* de la province Ferrar (figure 5), mais, étant plus différenciés, ils sont plus enrichis en éléments incompatibles. L’appauvrissement en Ta leur confère, comme les *low Ti-CFB*, un caractère orogénique dans les diagrammes discriminants, comme le diagramme Th–Ta–Tb [3] (figure 6), ce qui contredit une mise en place dans un contexte intraplaque post-panafricain.

## 6. Conclusion

Les dolérites anciennes de Biden, dans l’Adamaoua, montrent une signature chimique originale dans la province alcaline de la ligne du Cameroun. Ce sont des tholéiites de type CFB (*Continental Flood Basalt*) pauvres en  $\text{TiO}_2$  et typiquement d’origine lithosphérique. La composition de la lithosphère dans ce secteur rappelle celle de la province tholéiitique continentale, pauvre en titane, du Karoo et de Ferrar. Dans le cas de l’Adamaoua, cette composition peut s’expliquer par la contamination des sources lithosphériques, lors des subductions liées à l’orogénèse panafricaine de la chaîne des Oubanguides [20]. Les autres tholéiites du Crétacé de la ligne du Cameroun sont des tholéiites continentales de type tholéiites de rift initial, qui montrent la participation d’une composante asthénosphérique. Les dolérites de Biden, uniquement lithosphériques, seraient, soit contemporaines, mais situées en dehors de l’axe du rift, soit plus précoces, et marqueraient alors le début de l’apparition des contraintes extensives. Par la suite, le développement de la tectonisation s’est accompagnée d’une contribution croissante de l’asthénosphère dans le magmatisme.

**Remerciements.** Nous remercions Christian Coulon pour ses corrections très efficaces, qui nous ont permis d’améliorer notre texte.

## Références

- [1] Béa A., Cochemé J.-J., Trompette R., Affaton P., Soba D., Sougy J., Grabens d’âge Paléozoïque inférieur et volcanisme tholéiitique associé dans la région de Garoua au Nord-Cameroun, *J. Afr. Earth Sci.* 10 (4) (1990) 657–667.
- [2] Cabanis B., Lecolle M., Le diagramme La/10—Y/15—Nb/8 : un outil pour la discrimination des séries volcaniques et la mise en évidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale, *C. R. Acad. Sci. Paris, série II* 309 (1989) 2023–2029.
- [3] Cabanis B., Thiéblemont D., La discrimination des tholéiites continentales et des basaltes arrière-arc. Proposition d’un nouveau

diagramme Th–Tbx3–Tax2, *Bull. Soc. géol. France* 8 6 (4) (1988) 927–935.

- [4] Coulon C., Vidal P., Dupuy C., Baudin P., Popoff M., Maluski H., Hermitte D., The Mesozoic to Early Cenozoic magmatism of the Benue rough (Nigeria); geochemical evidence for the involvement of the St Helena plume, *J. Petrol.* 37 (6) (1996) 1341–1358.

- [5] Déruelle B., Moreau C., Nkoubou C., Kambou R., Lissom J., Njongfang E., Ghogomu R.T., Nono A., The Cameroon line: a review, in: Kampunzu A.B., Lubala R.T. (Eds.), *Magmatism in extensional settings, The Phanerozoic African Plate*, Springer Verlag, Berlin, 1991, pp. 274–327.

- [6] Dupuy C., Dostal J., Trace element geochemistry of some continental tholeiites, *Earth Planet. Sci. Lett.* 67 (1984) 61–69.
- [7] Gouhier J., Nougier J., Nougier D., Contribution à l'étude volcanique du Cameroun (« ligne du Cameroun–Adamaoua »), *Ann. Fac. Sci., Univ. Yaoundé, Cameroun* 17 (1984) 3–48.
- [8] Guiraud R., Maurin J.C., Early Cretaceous rifts of Western and central Africa: an overview, *Tectonophysics* 213 (1992) 153–168.
- [9] Hergt J.M., Peate D.W., Hawkesworth C.J., The petrogenesis of Mesozoic Gondwana low-Ti flood basalts, *Earth Planet. Sci. Lett.* 105 (1984) 134–148.
- [10] Holm P.E., The geochemical fingerprints of different tectonomagmatic environments using hygromagmatophile element abundances of tholeiitic basalts and basaltic andesites, *Chem. Geol.* 51 (1985) 303–323.
- [11] Lee D.C., Halliday A.N., Davies G.R., Essene E.J., Fitton J.G., Temdjim R., Melt enrichment of shallow depleted mantle: a detailed petrological, trace element and isotopic study of mantle-derived xenoliths and megacrysts from the Cameroon Line, *J. Petrol.* 37 (2) (1996) 415–441.
- [12] Le Maitre R.W., A classification of igneous rocks and glossary of terms, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 1989, 193 p.
- [13] McDonald G.A., Katsura T., Chemical composition of Hawaiian lavas, *J. Petrol.* 5 (1964) 82–133.
- [14] Moreau C., Regnault J.-M., Déruelle B., Robineau B., A new tectonic model for the Cameroon Line, Central Africa, *Tectonophysics* 139 (1987) 317–334.
- [15] Ngounouno I., Déruelle B., Guiraud R., Vicat J.-P., Magmatismes tholéiitique et alcalin des demi-grabens crétaqués de Mayo Oulo–Léré et de Babouri–Figuil (Nord du Cameroun–Sud du Tchad) en domaine d'extension continentale, *C. R. Acad. Sci. Paris, série IIa* 332 (soumis).
- [16] Nono A., Déruelle B., Demaiffe D., Kambou R., Tchabal Nganha volcano in Adamawa (Cameroon): petrology of a continental alkaline lava series, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 60 (1994) 147–178.
- [17] Regnault J.-M., Synthèse géologique du Cameroun, *Min. Mines et Énerg., Rép. Cameroun*, 1986, 119 p.
- [18] Sun S.S., McDonough W.F., Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes, in : Sauters A.D., Norry M.J. (Eds.), *Magmatism in the Ocean basins*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, 1989, pp. 313–345.
- [19] Thornton C.P., Tuttle O.F., Chemistry of igneous rocks. I. Differentiation Index, *Am. J. Sci.* 258 (1960) 664–684.
- [20] Toteu S.F., Geochemical characterization of the main petrographical and structural units of Northern Cameroon: implications for Pan-African evolution, *J. Afr. Earth Sci.* 10 (1990) 615–624.